



Received: 26-07-2026
Accepted: 06-09-2026

International Journal of Advanced Multidisciplinary Research and Studies

ISSN: 2583-049X

Body Composition, Body Water Distribution, and Phase Angle in Elite Track and Field Athletes: A Bioelectrical Impedance Analysis Study

¹ Pérez-Castillo R, ² Yar-Bolaños PJ, ³ Fernández-Figueroa FF, ⁴ Lutuala-Catota LF, ⁵ Reyes-Ortiz LJ, ⁶ Sevillano-Barreno PE, ⁷ Hidrobo-Coello JF

¹ Centro de Investigación del Deporte Cubano, Cuba

^{2, 3, 4, 5, 7} Centro Especializado en Medicina del Deporte “Asdrúbal de la Torre, Ecuador

⁶ Unidad Metropolitana de Salud Norte, Ecuador

Corresponding Author: Pérez-Castillo R

Abstract

Bioelectrical impedance analysis (BIA) provides additional information on body composition and bioelectrical parameters such as resistance, reactance, and phase angle (PhA). The present study aimed to characterize the anthropometric profile, body composition, body water distribution, and bioelectrical parameters of elite track-and-field sprinters, as well as to explore the associations between phase angle and indicators of body composition and fluid distribution. An exploratory descriptive study was conducted in 14 track-and-field athletes (nine females and five males). Anthropometric variables, fat mass, body fat percentage, fat-free mass, total body water, intracellular and extracellular compartments, ECW/TBW ratio, resistance,

reactance, and phase angle were analyzed. The sample exhibited a body weight of 65.65 ± 9.01 kg, a body fat percentage of $18.09 \pm 5.80\%$, a fat-free mass of 53.86 ± 9.06 kg, and a phase angle of $6.17 \pm 0.75^\circ$. Phase angle was higher in males than in females (6.78° vs. 5.83°). A positive association was observed between PhA and fat-free mass ($p = 0.735$; $p = 0.003$), whereas the association with body fat percentage was negative ($p = -0.579$; $p = 0.030$); a negative association was also observed with ECW/TBW ($p = -0.682$; $p = 0.007$). Overall, these findings support the value of integrating anthropometric and bioelectrical parameters to characterize the anthropometric, body composition, and bioelectrical profile of elite athletes.

Keywords: Track and Field, Body Composition, Bioelectrical Impedance Analysis, Phase Angle, Fat Mass, Body Water

1. Introduction

La composición corporal constituye uno de los componentes fundamentales de la valoración integral del deportista de alto rendimiento. En disciplinas deportivas donde el desplazamiento del propio cuerpo representa una parte importante de la demanda mecánica, la relación entre masa corporal, masa grasa y masa libre de grasa puede adquirir especial relevancia. Sin embargo, la composición corporal óptima no es uniforme entre atletas, ya que depende de las características biomecánicas y metabólicas de la disciplina, la especialidad deportiva, el sexo, la edad, el nivel de entrenamiento y las características individuales del deportista ^[1, 2].

En el atletismo esta heterogeneidad es particularmente importante. Las demandas fisiológicas de un velocista, un mediofondista, un fondista, un saltador o un lanzador son diferentes y, por tanto, también pueden diferir sus perfiles antropométricos y de composición corporal. Por esta razón, la evaluación del deportista de élite no debería reducirse a una única variable antropométrica, sino integrar indicadores capaces de describir tanto la cantidad de tejido adiposo como la cantidad y características del tejido libre de grasa. Un atleta con elevada masa muscular puede presentar un IMC elevado sin que ello represente necesariamente una cantidad excesiva de tejido adiposo. En consecuencia, el análisis específico de masa grasa y masa libre de grasa proporciona una caracterización fisiológicamente más informativa del fenotipo corporal del deportista.

La bioimpedancia eléctrica (BIA) constituye una alternativa de campo ampliamente utilizada para la evaluación de la composición corporal. Su principal atractivo en el ámbito deportivo radica en que es una técnica no invasiva, relativamente rápida y potencialmente repetible, capaz de proporcionar estimaciones de masa grasa, masa libre de grasa y agua corporal,

además de variables bioeléctricas directas como resistencia (R), reactancia (Xc) y ángulo de fase (PhA) [3, 4]. Sin embargo, la precisión de las estimaciones depende de la tecnología utilizada, las ecuaciones predictivas y las condiciones de medición. Una revisión sistemática que comparó BIA con métodos de referencia en atletas concluyó que su utilidad puede ser adecuada cuando se emplean tecnologías y ecuaciones específicas para población deportiva, mientras que las ecuaciones generalizadas pueden introducir errores, particularmente en la estimación de masa libre de grasa y líquidos corporales [1].

En este contexto, el ángulo de fase representa una variable de especial interés [5-7]. Se deriva directamente de la relación entre resistencia y reactancia y no depende de una ecuación predictiva de composición corporal [8-11]. Desde una perspectiva fisiológica, se ha relacionado con propiedades eléctricas de las membranas celulares, masa celular corporal y distribución relativa del agua intra- y extracelular [12-16]. En población deportiva, una revisión sistemática encontró que los atletas tienden a presentar valores de PhA superiores a los de individuos físicamente inactivos y que los valores suelen ser mayores en hombres que en mujeres [17-19]. No obstante, la misma revisión destacó una importante variabilidad entre deportes y una evidencia todavía insuficiente para establecer una relación clara entre PhA y rendimiento deportivo [20]. La relación entre PhA y características musculares constituye uno de los aspectos más prometedores de esta variable. En atletas de diferentes disciplinas se ha observado una asociación entre PhA y masa libre de grasa, mientras que una revisión sistemática con metaanálisis encontró evidencia de una relación positiva entre PhA y fuerza muscular de las extremidades inferiores, aunque la certeza global de la evidencia fue considerada muy baja debido a la heterogeneidad de los estudios [21].

De forma complementaria, la distribución del agua corporal puede aportar información adicional sobre el estado corporal del atleta. La relación entre agua extracelular y agua corporal total (ECW/TBW) permite aproximarse a la distribución relativa de los compartimentos hídricos. Sin embargo, su interpretación requiere considerar las condiciones de hidratación, el momento de la medición respecto al entrenamiento y otros factores que pueden modificar transitoriamente los compartimentos corporales [13, 15, 16, 22]. Por ello, las variables de bioimpedancia deben interpretarse dentro de un protocolo de medición estandarizado y no como marcadores aislados de rendimiento o recuperación. La literatura especializada ha señalado precisamente la importancia de estandarizar las condiciones de medición en atletas [20].

A pesar del creciente interés por la BIA, persiste una limitación importante en la literatura: muchos estudios utilizan muestras pequeñas, diferentes tecnologías de bioimpedancia, protocolos heterogéneos y poblaciones deportivas con características fisiológicas muy distintas. En consecuencia, todavía existe necesidad de generar datos específicos de atletas y, particularmente, de analizar conjuntamente composición corporal, masa muscular, distribución hídrica y parámetros bioeléctricos.

Desde esta perspectiva, el análisis en atletismo de élite mediante un conjunto integrado de variables antropométricas y de bioimpedancia puede proporcionar información útil para describir el fenotipo corporal de esta población y generar hipótesis para estudios longitudinales posteriores. Por tanto, el presente estudio tuvo como

objetivo caracterizar el perfil antropométrico, la composición corporal, la distribución del agua corporal y los parámetros bioeléctricos de atletas de élite de atletismo de velocidad, así como explorar las asociaciones del ángulo de fase con indicadores de composición corporal y distribución hídrica.

2. Materiales y Métodos

Se realizó un estudio observacional, transversal, descriptivo y exploratorio, basado en registros de evaluación antropométrica y de bioimpedancia de atletas de atletismo. El análisis se orientó principalmente a la caracterización de la muestra y a la generación de hipótesis sobre las relaciones existentes entre composición corporal y variables bioeléctricas. Debido al tamaño muestral, los análisis inferenciales se interpretaron como exploratorios y no como evidencia confirmatoria de relaciones causales.

La base analizada estuvo constituida por 14 atletas, de los cuales nueve eran mujeres y cinco hombres. La muestra corresponde a deportista élite de atletismo de velocidad durante la selección nacional cubana en el año 2022. Se analizaron las variables: edad; peso corporal; estatura; IMC; circunferencia abdominal; masa grasa; porcentaje de masa grasa; masa libre de grasa; porcentaje de masa libre de grasa; índice de masa muscular; agua corporal total; agua extracelular; agua intracelular; relación ECW/TBW; resistencia; reactancia; impedancia y ángulo de fase.

Las mediciones de bioimpedancia eléctrica se realizaron durante la mañana por personal capacitado, en un local climatizado a 23 °C. Con el propósito de estandarizar las condiciones de medición, se indicó a los participantes evitar el uso de diuréticos durante los 7 días previos, el consumo de alcohol durante las 48 h anteriores, la realización de ejercicio físico intenso durante al menos 12 h y la ingesta de alimentos y líquidos durante las 4 h previas a la evaluación. Asimismo, se indicó realizar la micción y/o defecación aproximadamente 30 min antes de las mediciones. La composición corporal y los parámetros bioeléctricos se determinaron mediante un analizador multifrecuencia *medical Body Composition Analyzer* (mBCA 514/515, seca GmbH & Co. KG, Hamburgo, Alemania), conectado al software *Seca Analytics mBCA 115* y a un estadiómetro 360° Wireless Seca 284 (*seca GmbH & Co. KG, Hamburgo, Alemania*). El equipo presentó una precisión de 50 g para la masa corporal y de 1 mm para la estatura. La estatura se determinó de acuerdo con las recomendaciones de la *International Society for the Advancement of Kinanthropometry* (ISAK).

Percentiles Para el PhA A 50 KHZ en Población Deportiva Cubana Por Sexo Según (Carvajal <i>et al</i> , 2017) [23]		
Percentil	Hombres	Mujeres
< P5	<5.7°	<4.8°
P5–P10	5.7-5.9°	4.8-5.0°
P10–P25	5.9-6.2°	5.0-5.5°
P25–P50	6.2-6.7°	5.5-5.8°
P50–P75	6.7-7.1°	5.8-6.2°
P75–P90	7.1-7.3°	6.2-6.6°
P90–P95	7.3-7.6°	6.6-6.9°
>P95	>7.6°	>6.9°

Posteriormente, los participantes se colocaron descalzos sobre el analizador en posición bípeda, con aproximadamente 30° de abducción de los hombros. El dispositivo utilizó electrodos de contacto en manos y pies

para realizar las mediciones bioeléctricas de cuerpo completo. Las mediciones se efectuaron mediante múltiples frecuencias comprendidas entre 1 y 1.000 kHz. Los datos de impedancia obtenidos se utilizaron para estimar la composición corporal y los compartimentos de agua corporal, así como para determinar los valores de resistencia, reactancia, impedancia y ángulo de fase. En el presente estudio, los parámetros bioeléctricos y el ángulo de fase se analizaron juntamente con el agua corporal total, el agua extracelular, el agua intracelular y la relación entre agua extracelular y agua corporal total (ECW/TBW).

Se calcularon media, desviación estándar, mediana. Se clasificaron los valores individuales de PhA según intervalos percentilares específicos por sexo descritos por Carvajal *et al* [23] en deportistas cubanos de alto rendimiento. La descripción se realizó tanto para el conjunto total como separadamente para hombres y mujeres. Para explorar las diferencias entre sexos se calcularon diferencias de medias y tamaños de efecto mediante *g* de Hedges, apropiado para muestras pequeña. Debido al reducido número de participantes, estos resultados se interpretaron como magnitudes descriptivas y no como evidencia definitiva de diferencias poblacionales. Las asociaciones entre variables se analizaron mediante correlación de Spearman, apropiada para explorar relaciones monotónicas en muestras pequeñas

y sin asumir normalidad multivariada. Finalmente, se realizó un análisis exploratorio de componentes principales (PCA) con variables estandarizadas relacionadas con adiposidad, masa libre de grasa, masa muscular, agua corporal y ángulo de fase. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software JASP 0.96.00.

3. Resultados

3.1 Características generales de la muestra

Se analizaron 14 atletas de atletismo de élite, nueve mujeres (64.3%) y cinco hombres (35.7%). La edad media de la muestra fue analizada junto con las variables antropométricas y de composición corporal disponibles en la base de datos. El peso corporal medio fue de 65.65 ± 9.01 kg, con valores comprendidos entre 53.85 y 82.50 kg. La estatura media fue de 171.54 ± 6.51 cm y el IMC medio de 22.23 ± 2.03 kg/m². La circunferencia abdominal presentó una media de 73.11 ± 4.44 cm. El porcentaje de masa grasa fue de $18.09 \pm 5.80\%$, con un intervalo individual de 9.93–29.00%. La masa grasa absoluta fue de 11.79 ± 3.84 kg. Por su parte, la masa libre de grasa alcanzó 53.86 ± 9.06 kg. El ángulo de fase presentó una media de $6.17 \pm 0.75^\circ$, con valores entre 5.32° y 7.66° . El agua corporal total representó el $56.04 \pm 4.11\%$ del peso corporal, mientras que la relación ECW/TBW presentó un valor medio de 0.414 ± 0.043 .

Tabla 1: Características antropométricas, composición corporal y parámetros bioeléctricos de los atletas

Variable	Media $\pm$ DE	Mediana	Mín–Máx
Peso (kg)	65.65 ± 9.01	63.15	53.85–82.50
Estatura (cm)	171.54 ± 6.51	172.25	158.90–182.40
IMC (kg/m²)	22.23 ± 2.03	22.16	19.57–25.09
Circunferencia abdominal (cm)	73.11 ± 4.44	71.20	68.00–81.00
Masa grasa (kg)	11.79 ± 3.84	11.72	5.78–20.26
% masa grasa	18.09 ± 5.80	16.75	9.93–29.00
Masa libre de grasa (kg)	53.86 ± 9.06	50.61	43.57–69.04
% masa libre de grasa	81.91 ± 5.80	83.25	71.00–90.07
Masa muscular Jansen (kg)	30.48 ± 5.13	28.65	24.66–39.07
Ángulo de fase (°)	6.17 ± 0.75	5.96	5.32–7.66
% agua corporal total	56.04 ± 4.11	54.52	50.71–62.55
% agua extracelular	41.43 ± 4.33	43.51	35.28–45.61
% agua intracelular	58.57 ± 4.33	56.49	54.39–64.72
ECW/TBW	0.414 ± 0.043	0.435	0.353–0.456

Nota. DE: desviación estándar; P25: percentil 25; P75: percentil 75; IMC: índice de masa corporal; ECW/TBW: relación entre agua extracelular y agua corporal total.

3.2 Clasificación descriptiva de la composición corporal

La clasificación contenida mostró que 13 de los 14 atletas fueron categorizados como normopeso y uno como sobrepeso. En relación con la masa grasa, 12 atletas fueron clasificados como normales y dos como altos. La evaluación de la masa libre de grasa mostró siete atletas clasificados por encima del promedio, cinco en categoría excelente, uno en promedio y uno por debajo del promedio. En relación con el indicador muscular, los 14 atletas fueron clasificados como de alto desarrollo muscular. Para la clasificación específica de masa muscular, 12 atletas presentaron alto desarrollo y dos con desarrollos normales. Estos resultados muestran que la utilización exclusiva del IMC proporciona una caracterización incompleta del grupo, ya que la información relativa a masa grasa y masa libre de grasa evidencia una composición corporal considerablemente heterogénea entre individuos.

3.3 Comparación descriptiva entre mujeres y hombres

Los hombres presentaron valores superiores a las mujeres en

peso, estatura, masa libre de grasa, y ángulo de fase. En contraste, las mujeres presentaron un mayor porcentaje de masa grasa y una mayor relación ECW/TBW. El peso corporal fue de 74.56 ± 6.72 kg en hombres frente a 60.70 ± 5.67 kg en mujeres, con una diferencia de 13.86 kg y un tamaño de efecto muy grande (*g* de Hedges = 2.15; *U* = 2.0; *p* = 0.004). La estatura también fue superior en hombres (177.86 ± 3.34 cm) respecto a mujeres (168.03 ± 4.95 cm), con una diferencia de 9.83 cm y un tamaño de efecto muy grande (*g* = 2.06; *U* = 2.0; *p* = 0.008). Para el IMC se observó una diferencia de 2.05 kg/m² entre hombres y mujeres, aunque esta diferencia no alcanzó significación estadística mediante la prueba de Mann–Whitney (*U* = 8.0; *p* = 0.060).

El porcentaje de masa grasa fue de $14.98 \pm 3.56\%$ en hombres y $19.81 \pm 6.24\%$ en mujeres. Aunque la magnitud de la diferencia fue moderada-grande (*g* = -0.82), no alcanzó significación estadística (*U* = 34.0; *p* = 0.147). La diferencia más consistente en términos de composición corporal se observó en la masa libre de grasa: 63.48 ± 7.17 kg en

hombres frente a 48.51 ± 4.21 kg en mujeres, con una diferencia de 14.97 kg y un tamaño de efecto muy grande ($g = 2.60$; $U = 2.0$; $p = 0.004$). El ángulo de fase fue superior en hombres ($6.78 \pm 0.90^\circ$) respecto a mujeres ($5.83 \pm 0.37^\circ$). Aunque la magnitud del efecto fue grande ($g = 1.49$), la diferencia no alcanzó significación estadística en la prueba de Mann–Whitney ($U = 8.5$; $p = 0.072$). Este resultado debe interpretarse como una tendencia descriptiva compatible con diferencias sexuales en composición corporal, pero no como una diferencia estadísticamente demostrada en esta muestra. La relación ECW/TBW presentó una diferencia marcada: 0.359 ± 0.006 en hombres frente a 0.445 ± 0.009 en mujeres ($U = 45.0$; $p = 0.001$). Debido a la extrema separación entre los grupos y a la reducida dispersión interna, el tamaño de efecto convencional resultó excesivamente elevado y no debe interpretarse literalmente como una estimación estable de la magnitud poblacional.

Tabla 2: Comparación de variables antropométricas y de composición corporal según sexo

Variable	Mujeres (n=9), media $\pm$ DE	Hombres (n=5), media $\pm$ DE	U	p	g de Hedges
Peso (kg)	60.70 ± 5.67	74.56 ± 6.72	2.0	0.004	2.15
Estatura (cm)	168.03 ± 4.95	177.86 ± 3.34	2.0	0.008	2.06
IMC (kg/m ²)	21.50 ± 1.84	23.55 ± 1.80	8.0	0.060	1.05
% masa grasa	19.81 ± 6.24	14.98 ± 3.56	34.0	0.147	-0.82
Masa libre de grasa (kg)	48.51 ± 4.21	63.48 ± 7.17	2.0	0.004	2.60
Masa muscular Jansen (kg)	27.46 ± 2.38	35.93 ± 4.06	2.0	0.004	2.60
Ángulo de fase (°)	5.83 ± 0.37	6.78 ± 0.90	8.5	0.072	1.49
ECW/TBW	0.445 ± 0.009	0.359 ± 0.006	45.0	0.001	-

Nota. U: estadístico de Mann–Whitney; g: tamaño de efecto de Hedges. Debido al reducido tamaño muestral, los valores p se consideran exploratorios.

La distribución individual del ángulo de fase (PhA) se contextualizó utilizando los valores percentilares específicos por sexo descritos por Carvajal *et al* [23] en atletas cubanos de alto rendimiento. La mayor proporción de los participantes se ubicó entre los percentiles 50 y 75 (4/14; 28,6%), seguida de los intervalos P25–P50 y P75–P90, con 3 atletas cada uno (21,4%). Dos atletas (14,3%) se situaron entre los percentiles P10–P25, mientras que un atleta (7,1%) se ubicó por debajo del P5 y otro (7,1%) entre los percentiles P90–P95. Ningún participante presentó valores superiores al P95. Al analizar la distribución por sexo, entre las mujeres la mayor frecuencia correspondió al intervalo P50–P75 (3/9; 33,3%), mientras que dos participantes (22,2%) se ubicaron en cada uno de los intervalos P10–P25, P25–P50 y P75–P90. Entre los hombres, un participante se ubicó por debajo del P5, uno entre P25–P50, uno entre P50–P75, uno entre P75–P90 y uno entre P90–P95. En conjunto, 8 de los 14 atletas (57,1%) presentaron valores de PhA situados en el percentil 50 o superior respecto a la población deportiva cubana de referencia.

Tabla 3: Distribución de los atletas según la posición percentilar del ángulo de fase (PhA) respecto a los valores de referencia de Carvajal *et al*

Categoría percentilar	Mujeres, n (%)	Hombres, n (%)	Total, n (%)
< P5	-	1 (20,0)	1 (7,1)
P5–P10	-	-	-
P10–P25	2 (22,2)	-	2 (14,3)
P25–P50	2 (22,2)	1 (20,0)	3 (21,4)
P50–P75	3 (33,3)	1 (20,0)	4 (28,6)
P75–P90	2 (22,2)	1 (20,0)	3 (21,4)
P90–P95	-	1 (20,0)	1 (7,1)
> P95	-	-	-

Nota: La clasificación se realizó utilizando los puntos de corte específicos por sexo descritos por Carvajal *et al*. (2017) para atletas cubanos. Los intervalos corresponden a los percentiles 5, 10, 25, 50, 75, 90 y 95 del PhA medido a 50 kHz.

3.4 Asociación entre ángulo de fase y composición corporal

El análisis de correlación de Spearman identificó una asociación positiva fuerte entre el ángulo de fase y la masa libre de grasa ($\rho = 0.735$; $p = 0.003$). También se observaron asociaciones positivas entre el ángulo de fase y el peso corporal ($\rho = 0.669$; $p = 0.009$) y entre PhA e IMC ($\rho = 0.625$; $p = 0.017$). En contraste, el porcentaje de masa grasa presentó una asociación negativa moderada-fuerte con el ángulo de fase ($\rho = -0.579$; $p = 0.030$). La relación ECW/TBW mostró una asociación negativa fuerte con PhA ($\rho = -0.682$; $p = 0.007$). La asociación entre PhA y porcentaje de agua corporal total fue positiva y de magnitud moderada, aunque no alcanzó significación estadística ($\rho = 0.521$; $p = 0.056$). La circunferencia abdominal también mostró una asociación positiva moderada con PhA ($\rho = 0.512$; $p = 0.061$), sin alcanzar el nivel convencional de significación.

Tabla 4: Correlaciones de Spearman entre ángulo de fase y variables de composición corporal

Variable	ρ de Spearman	p
Masa libre de grasa	0.735	0.003
Peso	0.669	0.009
IMC	0.625	0.017
% agua corporal total	0.521	0.056
Circunferencia abdominal	0.512	0.061
% masa grasa	-0.579	0.030
ECW/TBW	-0.682	0.007

Nota. ρ : coeficiente de correlación de Spearman. Los análisis son exploratorios debido al tamaño muestral.

3.5 Análisis exploratorio de componentes principales

El análisis de componentes principales se realizó utilizando porcentaje de masa grasa, masa libre de grasa, masa muscular, ángulo de fase, ECW/TBW y porcentaje de agua corporal total. El primer componente principal (PC1) explicó el 78.7% de la varianza total, mientras que PC2 explicó el 12.1% y PC3 el 6.9%. En conjunto, los tres primeros componentes explicaron aproximadamente el 97.8% de la variabilidad. PC1 presentó cargas positivas para

masa libre de grasa (0.447), ángulo de fase (0.397) y porcentaje de agua corporal total (0.428), mientras que presentó cargas negativas para porcentaje de masa grasa (-0.303) y ECW/TBW (-0.409).

Este patrón sugiere que el principal eje de variación de la muestra estuvo relacionado con un perfil caracterizado por mayor masa libre de grasa, mayor masa muscular, mayor PhA y mayor proporción de agua corporal total, en oposición a mayor porcentaje de masa grasa y mayor ECW/TBW. PC2 estuvo principalmente definido por una carga positiva elevada del porcentaje de masa grasa (0.883), mientras que PC3 mostró una carga positiva relativamente importante para el ángulo de fase (0.678). Dado el tamaño de la muestra, estos componentes deben interpretarse como una herramienta exploratoria destinada a identificar patrones de covariación y no como una clasificación definitiva de fenotipos de atletas.

4. Discusión

El presente estudio proporciona una caracterización integrada de composición corporal y parámetros bioeléctricos en un grupo de atletas de atletismo de élite. El principal hallazgo fue la fuerte asociación positiva entre ángulo de fase y masa libre de grasa y masa muscular, acompañada de una asociación negativa entre PhA y porcentaje de masa grasa. La muestra presentó un IMC medio de 22.23 kg/m², lo que indica un perfil global compatible con normopeso. Sin embargo, este resultado debe interpretarse con cautela. En atletas, el IMC no permite diferenciar adecuadamente entre masa muscular y masa adiposa. En consecuencia, la combinación observada de IMC, masa grasa y masa libre de grasa proporciona una representación mucho más adecuada del fenotipo corporal.

La elevada proporción de masa libre de grasa constituye una característica relevante de la muestra. La clasificación de la base indica que la mayoría de los atletas se encontraba por encima del promedio o en categorías excelentes respecto a la masa libre de grasa, mientras que la totalidad presentó un nivel alto del indicador de desarrollo muscular. Este patrón es compatible con la expectativa fisiológica de una población seleccionada para competición de alto nivel, aunque no permite determinar por sí mismo si dichos valores son óptimos para una determinada especialidad atlética. Los hombres mostraron mayor peso, estatura, masa libre de grasa y masa muscular, mientras que las mujeres presentaron mayor porcentaje de grasa corporal. Este patrón concuerda con diferencias sexuales conocidas en composición corporal, pero en este estudio debe entenderse principalmente como una característica descriptiva de la muestra.

El ángulo de fase el valor medio observado de 6.17° se encuentra dentro del rango de variabilidad descrito en poblaciones deportivas, y fueron similares a los valores de referencia descritos por Carvajal *et al* [23] en atletas cubanos, tanto en hombres como en mujeres; aunque la interpretación de un valor individual requiere siempre considerar sexo, edad, tecnología de BIA y protocolo de medición. La literatura ha mostrado que el PhA tiende a ser superior en atletas que en personas físicamente menos activas y generalmente mayor en hombres, pero también ha destacado la importante variabilidad entre deportes [20].

La asociación entre PhA y masa libre de grasa constituye el resultado estadístico más consistente del presente estudio. La correlación de $\rho = 0.735$ indica una relación monotónica

fuerte dentro de esta muestra. La misma magnitud se observó para masa muscular. Este resultado tiene plausibilidad fisiológica. El ángulo de fase es una variable bioeléctrica derivada de resistencia y reactancia y se ha propuesto como indicador indirecto de características relacionadas con la masa celular corporal y la distribución intra-/extracelular del agua. En atletas de diferentes deportes, se ha observado que el PhA se relaciona con la masa libre de grasa y que esta puede constituir uno de sus principales determinantes [20].

Además, un metaanálisis encontró una relación positiva entre PhA y fuerza muscular en atletas, aunque los autores señalaron que la certeza de la evidencia era muy baja. Por ello, nuestro resultado debe considerarse compatible con una línea de investigación prometedora, pero no como evidencia de que el PhA sea un marcador directo del rendimiento [24]. La relación negativa observada entre PhA y porcentaje de masa grasa también resulta relevante. Un mayor porcentaje de tejido adiposo estuvo asociado con menores valores de PhA. No obstante, es probable que esta asociación esté parcialmente condicionada por la relación entre masa grasa, masa libre de grasa, sexo y distribución del agua corporal. Con solamente 14 atletas, no resulta apropiado realizar modelos multivariados complejos para determinar cuál de estas variables constituye un predictor independiente.

Si bien la mayoría de los estudios sugirieron que el PhA podría estar relacionado con la masa muscular y con la función muscular, Jaremków *et al* [25] en un grupo de hombres y mujeres jóvenes universitarios, encontrando que existía una correlación positiva significativa de moderada a fuerte entre PhA y la masa muscular. Molina-López *et al* [26] analizaron los cambios en la composición corporal y en PhA de 18 jugadores de fútbol de la primera división italiana durante la pretemporada, observando una correlación fuerte entre el cambio en la masa magra de los miembros inferiores y el cambio en el PhA.

Jaremków *et al* [25] también encontraron una correlación negativa significativa de moderada a fuerte entre PhA y la masa grasa. No obstante, una revisión de Martins *et al* [27] que incluyó varios estudios en los que se analizaba la relación entre PhA y la masa muscular y entre PhA y la masa grasa), obtuvo como resultado que el PhA estaba directamente relacionado con la masa muscular en diferentes grupos de edad, sanos o con distintas patologías, pero que no había suficiente evidencia que demostrara la asociación entre PhA y la masa grasa.

Otro resultado importante del presente estudio fue la relación negativa entre PhA y ECW/TBW. Desde una perspectiva fisiológica, esta asociación resulta coherente con la idea de que una mayor proporción relativa de agua extracelular puede acompañarse de valores menores de PhA. La literatura ha señalado precisamente la relación conceptual entre PhA y distribución de agua intra- y extracelular [20]. A pesar de reflejar diferentes procesos fisiológicos -distribución de fluidos (ECW/TBW) frente a integridad celular (PhA)- estos dos marcadores están interconectados. Ambos se ven afectados por la inflamación y los cambios en la composición corporal; las elevaciones de ECW/TBW suelen coincidir con reducciones de PhA, lo que apunta a alteraciones compartidas en la homeostasis celular y de fluidos [28]. Dada su respuesta a la inflamación y al estrés oxidativo, la relación ECW/TBW ha demostrado valor predictivo para el deterioro clínico y la función muscular comprometida, particularmente en poblaciones de

edad avanzada, mientras que PhA se ha propuesto como un biomarcador pronóstico para la desnutrición [29], la sarcopenia [30] y el riesgo nutricional más amplio [31]. Aun cuando la literatura reciente ha explorado la relación entre ECW, PhA y estados inflamatorios; en el presente estudio no se determinaron biomarcadores inflamatorios, por lo que la asociación observada no puede interpretarse como evidencia de exacta de inflamación.

Sin embargo, este hallazgo no debe interpretarse automáticamente como evidencia de edema, inflamación o mala recuperación. Tales interpretaciones requerirían información adicional sobre hidratación, estado de recuperación, carga de entrenamiento, dieta, temperatura ambiental y momento de la medición. La relación entre PhA y porcentaje de agua corporal total fue positiva, aunque no alcanzó el nivel convencional de significación estadística [32]. Esto podría sugerir que la asociación del PhA con el estado hídrico no depende simplemente de la cantidad total de agua, sino de cómo se distribuye entre los diferentes compartimentos corporales. Por lo tanto, las métricas como ECW/TBW y PhA se estudian cada vez más como indicadores del estado de hidratación, inflamación, adecuación nutricional y salud celular especialmente porque ambas se pueden medir fácilmente mediante impedancia bioeléctrica (BIA), una herramienta no invasiva bien conocida para evaluar la composición corporal y los riesgos para la salud relacionados [33].

Desde una perspectiva aplicada, estos resultados sugieren que la evaluación del atleta mediante BIA podría beneficiarse de un enfoque multidimensional. En lugar de utilizar exclusivamente el porcentaje de grasa o el IMC, sería posible integrar masa grasa, masa libre de grasa, masa muscular, agua corporal y parámetros bioeléctricos. No obstante, la literatura advierte que la BIA presenta limitaciones metodológicas en deportistas. Las estimaciones de composición corporal pueden cambiar según la tecnología, las ecuaciones predictivas y las condiciones de medición. Los valores *p* no se ajustaron por comparaciones múltiples debido al carácter exploratorio del presente estudio; por tanto, deben interpretarse con cautela. A pesar del creciente interés, persiste un problema específico en la aplicación precisa y adaptada al deporte de los métodos de bioimpedancia [34, 35]. Las equipos convencionales de análisis de composición corporal por BIA dependen en gran medida de ecuaciones predictivas desarrolladas en poblaciones no atléticas, lo que conduce a sesgos sistemáticos y subestimaciones de la masa libre de grasa y los fluidos corporales [34-36]. Por ello, para seguimiento longitudinal de atletas se recomienda mantener constantes el dispositivo, protocolo, horario y condiciones previas a la evaluación [1]. Una implicación importante es que el PhA podría ser especialmente útil como variable complementaria de seguimiento intraindividual, más que como un valor universal utilizado para clasificar atletas. La evidencia disponible todavía no permite establecer valores umbral de PhA capaces de discriminar de manera fiable atletas de mayor y menor rendimiento. La revisión sistemática específica en deporte concluyó que todavía no existen relaciones suficientemente claras entre PhA y rendimiento deportivo [20].

5. Implicaciones Prácticas

El mayor potencial de este conjunto de variables probablemente se encuentre en mediciones repetidas

durante: preparación general, preparación específica, periodo competitivo, recuperación, transición y retorno después de interrupciones del entrenamiento. Un diseño longitudinal permitiría determinar si los cambios individuales en masa muscular y masa libre de grasa están acompañados por cambios en PhA. Los valores medios del grupo no deberían sustituir la evaluación individual. En atletas de élite, la pregunta relevante no es únicamente si un atleta se encuentra por encima o por debajo de la media, sino si su propio perfil cambia de manera consistente a lo largo del tiempo.

6. Conclusiones

Existió una fuerte asociación positiva entre el ángulo de fase y la masa libre de grasa. Asimismo, el PhA mostró asociaciones negativas con el porcentaje de masa grasa y la relación ECW/TBW. En conjunto, estos resultados respaldan el interés de integrar parámetros antropométricos y bioeléctricos para caracterizar el perfil antropométrico, de composición corporal y bioeléctrico en atletas de élite. Los resultados no permiten establecer que el ángulo de fase sea un indicador directo del rendimiento deportivo.

7. References

1. Campa F, Gobbo L, Stagi S, Cyrino L. Bioelectrical impedance analysis versus reference methods in the assessment of body composition in athletes. *Eur J*. 2022; (Query date: 2025-11-13 20:53:47). Doi: 10.1007/s00421-021-04879-y
2. Martins PC, Hansen F, Silva AM, Silva DAS. Fluid distribution and cell integrity indicators evaluated by bioelectrical impedance in university athletes: Comparison between team sports and individual sports. *Physiol Meas*, Jan 23, 2019; 40(1):015004. Doi: 10.1088/1361-6579/aaf8cd
3. Castizo-Olier J, Iurtia A, Jemni M, Carrasco-Marginet M, Fernández-García R, Rodríguez FA. Bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) in sport and exercise: Systematic review and future perspectives. Nordez A, editor. *PLoS One*, Jun 7, 2018; 13(6):e0197957. Doi: 10.1371/journal.pone.0197957
4. Campa F, Toselli S, Mazzilli M, Gobbo LA, Coratella G. Assessment of Body Composition in Athletes: A Narrative Review of Available Methods with Special Reference to Quantitative and Qualitative Bioimpedance Analysis. *Nutrients*, May 12, 2021; 13(5):1620. Doi: 10.3390/nu13051620
5. Yang J, Qian Y, Gu X, Li Y, Yang C, Liang A. Reference percentiles for evaluating phase angle using bioelectrical impedance analysis in Chinese children aged 6-11 years. *Front Nutr*. 2025; 12(Query date: 2025-11-14 08:33:42). Doi: 10.3389/fnut.2025.1597087
6. Toselli S, Zaccagni L, Rinaldo N, Mauro M. Somatotype and Bioelectrical Impedance Vector Analysis in the Evaluation of Reference Characteristics of Elite Young Basketball Players. *Appl Sci*. 2025; 15(6):2894-2894. Doi: 10.3390/app15062894
7. Stein-Brüggemann D, Schultz L. Are Body Composition Estimates Affected by the Menstrual Cycle in Females With or Without Hormonal Contraception?-A Case-Control Study. *J Sport*. 2025; (Query date: 2025-11-13 20:53:47). Doi: 10.1002/ejsc.12283
8. Yetim M, Kalçık M, Bekar L, Karavelioğlu Y, Yılmaz

- YA. Body Composition Analysis in Obstructive Sleep Apnea: A Cross-Sectional Study Using Bioelectrical Impedance Analysis. *Clin Respir J*. 2025; 19(9). Doi: 10.1111/crj.70123
9. Quist JR, Isidor SD, Hvas CL, Ivarsen PR, Jødal L, Rud CL, *et al*. Bioelectrical impedance analysis for assessing body composition. *Ugeskr Læg*. 2025; (Query date: 2025-11-14 08:33:42):1-9. Doi: 10.61409/v04240287
 10. Xiao Q, Xie N, Xiang X, Cao T, Xie Y, Liang X, *et al*. The value of the phase angle of bioelectrical impedance analysis to predict malnutrition in hemodialysis patients. *Front Nephrol*. 2025; 5(Query date: 2025-11-14 08:33:42). Doi: 10.3389/fneph.2025.1478367
 11. Nicodemus N, Pereda N, Fuentespila J, Lorenzo PL, García-Rebollar P. Bioelectrical Impedance Analysis as a Non-Invasive Approach to Estimate *In Vivo* Body Composition in Rabbit Does Across Physiological Stages [Internet]. 2025; (Query date: 2025-11-14 08:33:42). Doi: 10.20944/preprints202510.2347.v1
 12. Novera JN. Mathematical Models Development of Intracellular Fluid with Bioelectrical Impedance Analysis. 2024 Int Conf Innov Sci Eng Technol ICISSET. 2024; (Query date: 2025-11-14 08:33:42):1-5. Doi: 10.1109/iciset62123.2024.10939975
 13. Fukuda DH, Lebron MA, Lafontant K, Staden GNV, Wells AJ, Stout JR. Passive dehydration alters raw bioimpedance parameters: Generic vs. individualized phase angle and estimated characteristic frequency. *J Int Soc Sports Nutr*. 2025; 22(Query date: 2025-11-14 08:11:52). Doi: 10.1080/15502783.2025.2550182
 14. Lindinger MI. Determining dehydration and its compartmentation in horses at rest and with exercise: A concise review and focus on multi-frequency bioelectrical impedance analysis. *Comp Exerc Physiol*. 2014; 10(1):3-11. Doi: 10.3920/cep13034
 15. Liu H, Wang X, Li L, Zhu Z, Lin H, Zhou Y, *et al*. Does abnormal weight affect sperm quality? A case-control study based on bioelectrical impedance analysis. *Front Nutr*. 2025; 12(Query date: 2025-11-14 08:33:42). Doi: 10.3389/fnut.2025.1642836
 16. Santos L Dos, Antunes M, Gobbo L, Silva A, Cunha P, Kassiano W, *et al*. Bioelectrical impedance vector analysis and phase angle in response to resistance training volume reduction in older women [Internet]. 2024; (Query date: 2025-11-14 08:33:42). Doi: 10.21203/rs.3.rs-4625544/v1
 17. Serafini S, Mascherini G, Vaquero-Cristóbal R, Esparza-Ros F, Campa F, Izzicupo P. Reference Tolerance Ellipses in Bioelectrical Impedance Vector Analysis Across General, Pediatric, Pathological, and Athletic Populations: A Scoping Review. *J Funct Morphol Kinesiol*. 2025; 10(4):415-415. Doi: 10.3390/jfmk10040415
 18. Yáñez-Sepúlveda R, Herrera-Amante C. Anthropometry, body composition, somatotype and asymmetry of canoe sprint world champion: A case study. *Nutr*. 2025; (Query date: 2025-11-13 20:53:47). Doi: 10.1177/02601060241305197
 19. Singh Y, Sarkar S, Chaurasia A. Validity and Reliability Analysis Among Three Different Fat Assessment Methods in Trained Indian Male Athletes. *Eur J Sport [Internet]*. 2025; (Query date: 2025-11-13 20:53:47). Available from: <https://bibliotekanauki.pl/articles/63040203.pdf>
 20. Di Vincenzo O, Marra M, Scalfi L. Bioelectrical impedance phase angle in sport: A systematic review. *J Int Soc Sports Nutr*. Jan 15, 2019; 16(1):49. Doi: 10.1186/s12970-019-0319-2
 21. Marra M, Di Vincenzo O, Sammarco R, Morlino D, Scalfi L. Bioimpedance phase angle in elite male athletes: A segmental approach. *Physiol Meas*. Jan 1, 2021; 41(12):125007. Doi: 10.1088/1361-6579/abcb5c
 22. Qadah RM, Al-Sharman A, Shalash RJ, Arumugam A. Within- and between-day reliability of bioelectrical impedance analysis using a novel Tanita multi-frequency body composition analyzer (MC-780PMA) in healthy young adults. *Fizjoterapia Pol*. 2024; 24(2):275-279. Doi: 10.56984/8zg5608zd5
 23. Veitia WC, Campo YD, García IME, Chavez DA, Gutiérrez LRE, Cordova A. Análisis de la composición corporal empleando parámetros bioeléctricos en la población deportiva cubana [Internet]. [Cited 2026 Aug 28]. 2017; 34(4):207-215. Available from: https://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/or04_carvajal.pdf
 24. Cirillo E, Pompeo A, Cirillo FT, Vilaça-Alves J, Costa P, Ramirez-Campillo R, *et al*. Relationship between Bioelectrical Impedance Phase Angle and Upper and Lower Limb Muscle Strength in Athletes from Several Sports: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sports*. May 18, 2023; 11(5):107. Doi: 10.3390/sports11050107
 25. Jaremków A, Markiewicz-Górka I, Hajdusianek W, Gać P. Relationships between Body Composition Parameters and Phase Angle as Related to Lifestyle among Young People. *J Clin Med*. Jan 2022; 11(1):80. Doi: 10.3390/jcm11010080
 26. Molina-López A, Moya-Amaya H, Estevan-Navarro P, Berral-Aguilar AJ, Rojano-Ortega D, Berral-de-la-Rosa FJ, *et al*. Cambios en la Composición Corporal y Ángulo de Fase Durante la Pretemporada en Jugadores de Fútbol Profesional. *Int J Morphol*. 2022; 40(2):348-354. Doi: 10.4067/S0717-95022022000200348
 27. Martins PC, Alves Junior CAS, Silva AM, Silva DAS. Phase angle and body composition: A scoping review. *Clin Nutr ESPEN*. Aug 1, 2023; 56:237-250. Doi: 10.1016/j.clnesp.2023.05.015
 28. Cvijetić S, Boschiero D, Shin H, Reilly AS, Noorani ST, Vasiljevic N, *et al*. Extracellular Water and Phase Angle, Markers of Heightened Inflammatory State, and Their Extrapolative Potential for Body Composition Outcomes in Adults. *Metabolites*. Jan 2026; 16(1):40. Doi: 10.3390/metabo16010040
 29. Player EL, Morris P, Thomas T, Chan WY, Vyas R, Dutton J, *et al*. Bioelectrical impedance analysis (BIA)-derived phase angle (PA) is a practical aid to nutritional assessment in hospital in-patients. *Clin Nutr*. Aug 2019; 38(4):1700-1706. Doi: 10.1016/j.clnu.2018.08.003
 30. Ruiz-Margáin A, Xie JJ, Román-Calleja BM, Pauly M, White MG, Chapa-Ibargüengoitia M, *et al*. Phase Angle From Bioelectrical Impedance for the Assessment of Sarcopenia in Cirrhosis With or Without Ascites. *Clin Gastroenterol Hepatol*. Sep 2021; 19(9):1941-1949. Doi: 10.1016/j.cgh.2020.08.066
 31. Ramos-Vázquez AG, Reyes-Torres CA, Castillo-Martínez L, Serralde Zúñiga AE. Body composition by bioelectrical impedance, muscle strength, and

- nutritional risk in oropharyngeal dysphagia patients. *Nutr Hosp*, Apr 1, 2021; 38(2):315-320. Doi: 10.20960/nh.03374 PubMed PMID: 33470121
32. Harimawan AIW, Prabandari AASM, Wihandani DM, Jawi IM, Weta IW, Senapathi TGA, *et al.* Association between phase angle and ECW/TBW ratio with body composition in individuals with central obesity: A cross-sectional study. *Front Nutr*, Sep 30, 2025; 12. Doi: 10.3389/fnut.2025.1638075
33. Da Silva BR, Gonzalez MC, Cereda E, Prado CM. Exploring the potential role of phase angle as a marker of oxidative stress: A narrative review. *Nutrition*, Jan 1, 2022; 93:111493. Doi: 10.1016/j.nut.2021.111493
34. Campa F, Matias CN, Moro T, Cerullo G, Casolo A, Teixeira FJ, *et al.* Methods over Materials: The Need for Sport-Specific Equations to Accurately Predict Fat Mass Using Bioimpedance Analysis or Anthropometry. *Nutrients*, Jan 5, 2023; 15(2):278. Doi: 10.3390/nu15020278
35. Coratella G, Campa F, Matias CN, Toselli S, Koury JC, Andreoli A, *et al.* Generalized bioelectric impedance-based equations underestimate body fluids in athletes. *Scand J Med Sci Sports*, Nov 2021; 31(11):2123-2132. Doi: 10.1111/sms.14033
36. Francisco R, Matias CN, Santos DA, Campa F, Minderico CS, Rocha P, *et al.* The Predictive Role of Raw Bioelectrical Impedance Parameters in Water Compartments and Fluid Distribution Assessed by Dilution Techniques in Athletes. *Int J Environ Res Public Health*, Jan 24, 2020; 17(3):759. Doi: 10.3390/ijerph17030759